

Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы^{*1}

техника ғылымдарының магистрі,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, beksultan.idirisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Нариков Қанат Амангелдыұлы²

техника ғылымдарының кандидаты,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Шәкешев Бекболат Темержанұлы³

техника ғылымдарының кандидаты,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Тасқалиев Азамат Түлепқалиұлы⁴

техника ғылымдарының магистрі,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, Taskalievazamat@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-1715-9102

Жұмабаева Қамар Мұратқызы⁵

PhD докторанты,
Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал, Қазақстан, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**КЕРАМИКА АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ДАМУ ҮРДІСТЕРІ:
ДӘСТҮРДЕН ИННОВАЦИЯҒА**

Аңдатпа. Керамикалық материалдар жоғары температураға төзімділік, коррозияға төзімділік және механикалық беріктік сияқты бірегей қасиеттеріне байланысты әртүрлі өнеркәсіптік қолданбаларда кеңінен қолданылды. Керамикалық материалдардың көптеген артықшылықтарына қарамастан, оларды өнеркәсіптік қолдану үшін кеңінен қолдануда әлі де қиындықтар бар. Өндірістің жоғары құны, шикізаттың шектеулі қолжетімділігі, керамикалық материалдарды өңдеу мен пішіндеудегі қиындықтар негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Бұл жүйелі шолу керамикалық материалдардың тенденцияларын және олардың өнеркәсіптік қолданудағы өміршеңдігін талдауға бағытталған. Зерттеу жүргізу үшін академиялық мәліметтер базасын, ғылыми мақалалар мен салалық есептерді мұқият іздеу жүргізілді. Нәтижелер беріктік және термиялық тұрақтылық сияқты жақсартылған қасиеттері бар озық керамикалық материалдарды әзірлеуге қызығушылықтың артып келе жатқанын көрсетті. Зерттеушілер керамиканы өңдеудің дәстүрлі әдістерімен байланысты қиындықтарды жеңу үшін қоспаларды өндіру және агломерациялау процестері сияқты жаңа өндіріс әдістерін зерттеп жатыр. Осы жүйелі шолудың нәтижелеріне сүйене отырып, керамикалық материалдардың жаңартылатын энергия көздері, биотехнология және қорғаныс өнеркәсібі сияқты дамып келе жатқан салаларда әлеуетті қолданылуын зерттеу үшін қосымша зерттеулер жүргізу ұсынылады. Өнеркәсіптің мүдделі тараптары өнеркәсіптік пайдалану үшін үнемді және тұрақты керамикалық материалдарды әзірлеу үшін салаға инвестиция салуы керек.

Зерттеушілер, өндірушілер және соңғы пайдаланушылар арасындағы ынтымақтастық инновацияларды ынталандыру және керамикалық материалдарды өнеркәсіптік қолданбаларға енгізуге ықпал ету үшін өте маңызды.

Кілт сөздер. керамика, өнеркәсіптік қолдану, керамикалық материалдар, трендтер, өміршеңдік

Идрисов Бексултан Лепесович*¹

магистр технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, beksultan.idirisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Нариков Канат Амангельдыевич²

кандидат технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Шакешев Бекбулат Темержанович³

кандидат технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Таскалиев Азамат Тюлепкалиевич⁴

магистр технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, Taskalievazamat@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-1715-9102

Джумабаева Камар Муратовна⁵

докторант PhD,
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, Казахстан, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ:
ОТ ТРАДИЦИИ К ИННОВАЦИЯМ**

Аннотация. Керамические материалы широко используются в различных промышленных приложениях благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая термостойкость, коррозионная стойкость и механическая прочность. Несмотря на многочисленные преимущества керамических материалов, все еще есть проблемы с их широким использованием для промышленного использования. Высокая стоимость производства, ограниченная доступность сырья, трудности с обработкой и формованием керамических материалов являются одними из основных проблем. Этот систематический обзор направлен на анализ тенденций в керамических материалах и их жизнеспособности в промышленном применении. Для проведения исследования был проведен тщательный поиск академических баз данных, научных статей и отраслевых отчетов. Результаты показали растущий интерес к разработке передовых керамических материалов с улучшенными свойствами, такими как прочность и термическая стабильность. Исследователи изучают новые методы производства, такие как производство смесей и процессы спекания, чтобы преодолеть проблемы, связанные с

традиционными методами обработки керамики. Основываясь на результатах этого систематического обзора, рекомендуется провести дополнительные исследования для изучения потенциального использования керамических материалов в развивающихся отраслях, таких как возобновляемые источники энергии, биотехнология и оборонная промышленность. Заинтересованные стороны отрасли должны инвестировать в отрасль для разработки экономичных и экологически чистых керамических материалов для промышленного использования. Сотрудничество между исследователями, производителями и конечными пользователями имеет решающее значение для стимулирования инноваций и содействия внедрению керамических материалов в промышленные применения.

Ключевые слова. керамика, промышленное применение, керамические материалы, тенденции, жизнеспособность

Idrisov Beksultan Lepesovich*¹

master of technical sciences,

West Kazakhstan University of Innovation and Technology,

Uralsk, Kazakhstan, beksultan.idrisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Narikov Kanat Amangeldievich²

candidate of technical sciences,

West Kazakhstan University of Innovation and Technology,

Uralsk, Kazakhstan, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Shakeshev Bekbulat Temerzhanovich³

candidate of technical sciences,

West Kazakhstan University of Innovation and Technology,

Uralsk, Kazakhstan, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Taskaliev Azamat Tyulepkalievich⁴

master of technical sciences,

West Kazakhstan University of Innovation and Technology,

Uralsk, Kazakhstan, Taskalievazamat@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-1715-9102

Dzhumabayeva Kamar Muratovna⁵

PhD student,

Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University,

Uralsk, Kazakhstan, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR
OBTAINING CERAMICS: FROM TRADITION TO INNOVATION**

Abstract. Ceramic materials have been widely used in various industrial applications due to their unique properties such as high temperature resistance, corrosion resistance and mechanical strength. Despite the many advantages of ceramic materials, there are still difficulties in their widespread use for industrial applications. High production cost, limited availability of raw materials, difficulties in processing and shaping ceramic materials are among

the main problems. This systematic review aims to analyze trends in ceramic materials and their viability in industrial applications. To conduct research, a thorough search of academic databases, scientific articles and industry reports was carried out. The results showed a growing interest in the development of advanced ceramic materials with improved properties such as strength and thermal stability. Researchers are exploring new manufacturing methods, such as additive manufacturing and sintering processes, to overcome the challenges associated with traditional ceramic processing methods. Based on the results of this systematic review, further research is proposed to investigate the potential applications of ceramic materials in emerging industries such as renewable energy sources, biotechnology and the defense industry. Industry stakeholders should invest in the industry to develop cost-effective and sustainable ceramic materials for industrial use. Cooperation between researchers, manufacturers and end users is essential to encourage innovation and promote the introduction of ceramic materials in industrial applications.

Key words. ceramics, industrial application, ceramic materials, trends, vitality

Кіріспе. Керамикалық материалдар бірегей қасиеттері мен әмбебаптығына байланысты ғасырлар бойы инженерлік қолданбаларда қолданылып келеді. Ежелгі керамикадан бастап қазіргі заманғы аэроғарыштық компоненттерге дейін керамика технология мен инновацияны дамытуда шешуші рөл атқарды. "Керамика" термині әдетте саздан және басқа бейорганикалық материалдардан жасалған және жоғары температурада күйдіру арқылы қатайтылатын 64 материалдан тұратын материалдардың кең санатын білдіреді [1], [2]. Олар бейорганикалық, металл емес материалдар, олар әдетте металл және металл емес элементтердің қосындысынан тұрады. Олар жоғары беріктігімен, қаттылығымен және жылу мен коррозияға төзімділігімен танымал, бұл оларды қолданудың кең ауқымы үшін өте қолайлы етеді. Машина жасау саласында керамика аэроғарыш, автомобиль, электроника және медициналық мақсаттағы бұйымдарды қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолданылады. Керамиканың қымбат материалдар болып саналуының басты себептерінің бірі-олардың күрделі өндіріс процесі [3], [4]. Оңай балқытылатын және пішінделетін металдардан айырмашылығы, керамика ұнтақты тығыздау, агломерациялау және жоғары температурада күйдіру сияқты арнайы әдістерді қажет етеді. Бұл процестер көп уақытты қажет етеді және қымбат жабдықты қажет етеді, бұл өндіріс шығындарының жоғарылауына әкеледі. Сонымен қатар, керамика жасау үшін қолданылатын шикізат сирек кездеседі және оны алу қиынға соғады. Мысалы, ең көп таралған керамикалық материалдардың бірі глинозем боксит кенінен алынады, ол әлемнің бірнеше жерінде ғана кездеседі. Шикізаттың бұл тапшылығы керамиканың құнын арттырып, оны жоғары сапалы инженерлік материалға айналдырады. Керамика өндіріс пен шикізат шығындарынан басқа, жобалау және жобалау үшін арнайы сараптаманы қажет етеді. Бірегей қасиеттеріне байланысты керамика әр қосымшаның нақты талаптарын қанағаттандыру үшін мұқият жобалануы керек [5]. Теңшеу мен дәлдіктің бұл деңгейі инженерлік жобаларда керамиканы пайдаланудың жалпы құнын арттырады. Жоғары құнына қарамастан, керамика ерекше өнімділігі мен беріктігіне байланысты инженерлер мен дизайнерлер үшін танымал таңдау болып қала береді. Заманауи медициналық импланттардан бастап жоғары өнімді турбиналық қалақтарға дейін керамика инженерия саласындағы құнды актив екенін дәлелдеді. Керамика - бұл қымбат, бірақ маңызды инженерлік материал, ол теңдесі жоқ

беріктік, беріктік және қатал ортаға төзімділікті ұсынады [6]. Керамиканың құны кейбір қолданбалар үшін өте жоғары болуы мүмкін болса да, олардың бірегей қасиеттері мен өнімділігі оларды өнімділігі жоғары материалдарды қажет ететін салалар үшін құнды инвестицияға айналдырады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Керамика мыңдаған жылдар бойы адамзат тарихының ажырамас бөлігі болды, Оның қолданылуының Дәлелі Мысырлықтар, Гректер және Қытайлар сияқты ежелгі өркениеттерден бастау алады. Уақыт өте келе керамика өнері мен ғылымы дамып, технологияның, мәдениеттің және эстетиканың өзгеруін көрсетті. Керамикадағы ең алғашқы тенденциялардың кейбірі келесідей:

- Утилитарлық мақсаттар үшін керамиканың дамуы: ежелгі уақытта керамика негізінен тамақ пен суды сақтау, тамақ дайындау және басқа да практикалық мақсаттарда қолданылған. Қыш ыдыстардың ең алғашқы түрлері қолдан жасалған және ашық отта немесе қарапайым пештерде күйдірілген. Өркениеттер дамыған сайын қыш ыдыстар дөңгелектерді лақтыру техникасы мен әйнектеу әдістерін енгізе отырып, жетілдіріле түсті [7], [8].

- Сәндік техниканың дамуы: қоғамдар күрделене түскен сайын керамика көркемдік және сәндік мақсаттарда қолданыла бастады. Мысалы, ежелгі Грецияда қыш ыдыстар күрделі дизайнмен және мифологиядағы көріністермен безендірілген. Қытайда фарфор өзінің нәзік сұлулығымен және мөлдір сапасымен жоғары бағаланды [9], [10].

- Жаппай өндіріс техникасының пайда болуы: Өнеркәсіптік Революция керамика тарихындағы маңызды бетбұрыс болды. Жаппай өндіріс техникасының пайда болуымен керамика жалпы халық үшін қолжетімді бола бастады. Керамиканы кең көлемде шығаратын және өсіп келе жатқан тұтыну нарығына қызмет көрсететін зауыттар пайда болды [11].

Бұл кезеңде wedgwood және Royal Doulton сияқты керамикалық брендтердің өсуі байқалды. 20 ғасырда керамика эксперименттер мен инновациялар кезеңінен өтті. Суретшілер мен дизайнерлер жаңа пішіндерді, текстураларды, глазурьлерді зерттей отырып, дәстүрлі керамикалық техниканың шекарасын ілгерілете бастады. 20 ғасырдың ортасында пайда болған Студиялық Қыш ыдыстар қозғалысы жеке шеберлік пен көркемдік мәнерлілікке баса назар аударды. Бернард Лич және Люси Ри сияқты суретшілер керамикаға инновациялық көзқарастарымен танымал болды. Бүгінгі таңда керамика өнердің жарқын және серпінді түрі болып қала береді, бүкіл әлем бойынша суретшілер мен дизайнерлер балшықпен мүмкін болатын нәрселердің шекарасын кеңейтеді. Функционалды ыдыс-аяқтан мүсіндік қондырғыларға дейін керамика көптеген қосымшалар мен стильдерде қолданылады. Цифрлық дәуір сонымен қатар керамикаға жаңа мүмкіндіктер әкелді, 3D басып шығару және басқа технологиялар шығармашылыққа жаңа мүмкіндіктер ашты [12]. Керамиканың тарихы-дәстүрдің, жаңашылдықтың, шығармашылықтың бай гобелені. Утилитарлық қолөнер ретінде кішіпейілділіктен бастап, өнердің құрметті түрі ретіндегі қазіргі мәртебесіне дейін керамика адамзат мәдениетінде маңызды рөл атқарды.

Керамикалық материалдардың заманауи жетістіктері аэроғарыштан бастап денсаулық сақтауға дейінгі әртүрлі салаларда төңкеріс жасады. Бұл жетістіктер аэроғарыш, автомобиль және электроника сияқты әртүрлі салалардағы төтенше жағдайларға төтеп бере алатын материалдарға сұраныстың артуына байланысты болды. Осы жылдар ішінде керамикалық материалдарды әзірлеуде негізгі кезеңдерге қол

жеткізілді, бұл олардың әртүрлі қолданбаларда кеңінен қолданылуына әкелді. Керамикалық материалдар саласындағы кейбір маңызды кезеңдерге мыналар жатады:

- Инженерлік керамика деп те аталатын жетілдірілген керамиканың дамуы: бұл материалдар дәстүрлі керамикамен салыстырғанда жоғары механикалық, термиялық және электрлік қасиеттерді көрсетеді, бұл оларды жоғары өнімді қолданбалар үшін өте қолайлы етеді. Жетілдірілген керамика аэроғарыштық құрамдас бөліктер, электронды құрылғылар және медициналық имплантаттар сияқты озық технологияларда қолданылады [13], [14].

- Жетілдірілген керамикалық композиттердің дамуы: Бұл композиттер керамикалық материалдарды металдар немесе полимерлер сияқты басқа материалдармен біріктіріп, жақсартылған қасиеттері бар материалдарды жасау арқылы жасалады. Мысалы, керамикалық матрицалық композиттер (CMCs) керамикалық талшықтарды керамикалық матрицаға ендіру арқылы жасалады, нәтижесінде ерекше беріктігі, беріктігі және термиялық тұрақтылығы бар жеңіл материалдар алынады. Бұл материалдар турбиналық қозғалтқыштар, зымыран саптамалары және жоғары температураға төзімділігі мен беріктігі өте маңызды жылу қалқандары сияқты қолданбаларда қолданылады [15], [16].

- Өңдеудің жаңа әдістерін жасау: бұл күрделі пішіндер мен құрылымдарды жасауға мүмкіндік береді. Дәстүрлі керамика көбінесе агломерация сияқты қолданылатын өңдеу әдістеріне байланысты пішіні мен өлшемі бойынша шектеледі [17]. Дегенмен, коспаларды өндіру (3d басып шығару) және ыстық изостатикалық престоу (HIP) сияқты жаңа әдістер күрделі керамикалық компоненттерді жоғары дәлдікпен жасауға мүмкіндік берді. Бұл әдістер керамиканы медициналық импланттардан бастап электронды құрылғыларға дейін қолданудың кең ауқымында қолданудың жаңа мүмкіндіктерін ашты.

- Нанотехнологиядағы Жетістіктер: Бұл наноөлшемді ерекшеліктері бар керамика болып табылатын нанокерамиканың дамуына әкелді. Бұл материалдар жоғары беріктік, қаттылық және термиялық тұрақтылық сияқты бірегей қасиеттерді көрсетеді, бұл оларды жоғары өнімділікті қажет ететін қолданбалар үшін өте қолайлы етеді [14]. Нанокұрылымды керамиканың дамуы керамикалық материалдар саласында жаңа мүмкіндіктер ашты. Нанокұрылымды керамика наноөлшемде беріктік, қаттылық және жылу өткізгіштік сияқты бірегей қасиеттерді көрсетеді. Бұл материалдар энергияны сақтау, катализ және датчиктерде қолдану үшін зерттелуде. Нанокерамика электроника, энергия сақтау және биомедициналық құрылғыларды қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолданылады.

Керамикалық материалдардағы жетістіктер олардың әлеуетті қолданылуы мен мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтті. Жетілдірілген керамикадан керамикалық матрицалық композиттерге және нанокұрылымды керамикаға дейін бұл материалдар әртүрлі салаларда мүмкін болатын нәрселердің шекарасын ілгерілетуді жалғастыруда. Керамикалық материалдар саласындағы зерттеулер мен әзірлемелер ілгерілеуді жалғастыра отырып, біз болашақта одан да жаңашыл инновацияларды күте аламыз.

Керамика-керамика мен өнерден бастап озық инженерлік құрамдас бөліктерге дейін ғасырлар бойы әртүрлі қолданбаларда қолданылған әртүрлі материалдар тобы. Керамиканың құрамы олардың қасиеттері мен әртүрлі ортадағы өнімділігін анықтауда шешуші рөл атқарады. Керамика әдетте бейорганикалық қосылыстардан, ең алдымен оксидтерден, нитридтерден, карбидтерден, силикаттардан және боридтерден тұрады. Бұл қосылыстар иондық немесе коваленттік байланыстар арқылы бір-бірімен байланысады,

нәтижесінде күшті және қатты құрылым пайда болады. Ең көп таралған керамикалық материалдарға глинозем (Al_2O_3), кремний карбиді (SiC) және циркония (ZrO_2) және т.б. жатады. Бұл материалдардың әрқайсысының бірегей қасиеттері бар, бұл оларды белгілі бір қолданбаларға жарамды етеді. Керамиканың құрамына сонымен қатар олардың қасиеттерін арттыра алатын әртүрлі қоспалар мен өңдеу құралдары кіреді. Мысалы, допанттарды қосу керамиканың электр өткізгіштігін өзгертіп, оларды электронды құрылғыларда қолдануға жарамды етеді. Сол сияқты, агломерациялық құралдарды қосу керамиканың тығыздығы мен механикалық беріктігін жақсарта алады өндіріс процесінде. Керамиканың құрамын түсіну белгілі бір қасиеттері мен өнімділік сипаттамалары бар материалдарды жобалау үшін өте маңызды. Мысалы, белгілі бір элементтерді қосу керамиканың термиялық тұрақтылығын жақсарта алады, бұл оларды жоғары температурада қолдануға жарамды етеді. Сол сияқты, дәннің мөлшері мен таралуын бақылау керамиканың беріктігі мен қаттылығы сияқты механикалық қасиеттерін жақсарта алады. Керамиканың құрамы олардың қасиеттерін анықтауда маңызды фактор болып табылады.

Керамика-бірегей атомдық, кристалды және физикалық құрылымдарымен танымал материалдар класы. Бұл құрылымдарды түсіну әртүрлі қолданбалардағы керамиканың қасиеттері мен әрекетін болжау және бақылау үшін өте маңызды. Төменде керамикаға енгізілген құрылымдардың әртүрлі түрлері берілген:

- Керамиканың молекулалық құрылымы атомдар арасында күшті иондық немесе коваленттік байланыстардың болуымен сипатталады. Иондық керамикада, мысалы, оксидтер мен нитридтерде атомдар оң және теріс зарядталған иондар арасында электростатикалық күштермен бірге ұсталады. Бұл қатаң және реттелген құрылымға әкеледі, атом қозғалысы үшін аз орын бар. Карбидтер мен силикаттар сияқты ковалентті керамикада күшті химиялық байланыстар түзу үшін электрондарды ортақ пайдаланатын атомдар болады. Бұл жоғары беріктік пен қаттылыққа әкелетін ковалентті байланыстың жоғары дәрежесі бар желі құрылымына әкеледі.

- Керамиканың құрылымдық құрылымы да ерекше, керамиканың көпшілігінде кристалды құрылым бар. Кристалдық құрылымда атомдар кристалдық тор деп аталатын тұрақты және қайталанатын үлгіде орналасады. Бұл орналасу керамикаға олардың механикалық және жылулық қасиеттеріне ықпал ететін жоғары дәрежелі тәртіп пен симметрия береді. Кейбір керамика, мысалы, көзілдірік, кристалды құрылымға ие емес, оның орнына атомдардың аморфты немесе ретсіз орналасуына ие.

- Керамиканың атомдық құрылымы материалдағы атомдардың орналасуымен сипатталады. Керамика әдетте иондық немесе коваленттік байланыстар арқылы бір-бірімен байланысатын металл және металл емес элементтерден тұрады. Керамикадағы атомдардың орналасуы көбінесе жоғары реттелген, атомдар тұрақты, қайталанатын үлгіде орналасады. Бұл реттелген атомдық құрылым керамикаға жоғары беріктік, қаттылық және химиялық тұрақтылық сияқты бірегей қасиеттерін береді.

- Керамиканың кристалдық құрылымы атомдардың үш өлшемді торда орналасуын білдіреді. Керамика текше, тетрагональды немесе алтыбұрышты сияқты кристалды құрылымдардың әртүрлі түрлеріне ие болуы мүмкін. Керамиканың кристалдық құрылымы олардың механикалық, жылулық және 72 электрлік қасиеттерін анықтауда шешуші рөл атқарады. Мысалы, текше кристалды құрылымы бар керамика тетрагональды немесе алтыбұрышты құрылымы бар керамикамен салыстырғанда механикалық беріктігі мен қаттылығына ие болады. Керамиканың кристалдық

құрылымы да оларға жоғары термиялық тұрақтылық береді, бұл оларды жоғары температуралы ортада қолдануға жарамды етеді.

• Керамиканың физикалық құрылымы дәндердің, кеуектердің және материалдағы ақаулардың орналасуына көмектеседі. Керамика әдетте астық шекаралары арқылы бір-бірімен байланысқан ұсақ кристалды түйіршіктерден тұрады. Керамикадағы тесіктер мен ақаулардың болуы олардың беріктігі, қаттылығы және жылу өткізгіштігі сияқты қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Керамиканың физикалық құрылымын бақылау олардың әртүрлі қолданбалардағы өнімділігін оңтайландыру үшін өте маңызды. Керамиканың молекулалық және құрылымдық құрылымы олардың қасиеттері мен өнімділігін анықтауда өте маңызды. Мысалы, керамикадағы күшті иондық немесе коваленттік байланыстар оларға жоғары қаттылық пен тозуға төзімділік береді, бұл оларды кесу құралдары мен абразивтер сияқты қолданбалар үшін өте қолайлы етеді. Керамиканың атомдық, кристалды және физикалық құрылымдары олардың қасиеттері мен өнімділігін анықтауда шешуші рөл атқарады.

Нәтижелер және оларды талқылау. Керамика-керамика мен өнерден бастап озық инженерлік құрамдас бөліктерге дейін ғасырлар бойы әртүрлі қолданбаларда қолданылған әртүрлі материалдар тобы. Керамиканың бірегей сипаттамалары оларды қолданудың кең ауқымы үшін өте қажет етеді және бұл қасиеттерді түсіну олардың әлеуетін барынша арттыру үшін өте маңызды. Керамиканың кейбір негізгі сипаттамалары:

• Олардың жоғары беріктігі мен қаттылығы: Керамика жоғары температураға төтеп беру қабілетімен танымал және қатал орталар, бұл оларды басқа материалдар істен шығуы мүмкін қолданбаларда пайдалану үшін өте қолайлы етеді. Бұл жоғары беріктік пен қаттылық керамиканы тозуға және коррозияға төзімді етеді, әрі қарай жақсартады, олардың беріктігі мен ұзақ өмір сүруі. Керамика әдетте оксидтер сияқты бейорганикалық қосылыстардан тұрады, оларға ерекше механикалық қасиеттер беретін нитридтер мен карбидтер. Бұл қасиеттер жасайды керамика беріктігі мен беріктігі өте маңызды қолданбалар үшін өте қолайлы, мысалы, кескіш құралдарда, сауыттарда және аэроғарыштық компоненттер.

• Олардың жоғары температураға төзімділігі: Керамиканың балку температурасы жоғары және экстремалды температураға төтеп бере алады. Бұл қасиет керамиканы жоғары температурада қолдануға өте ыңғайлы етеді пештер, пештер және қозғалтқыш компоненттері сияқты қосымшалар.

• Олар керемет химиялық төзімділікті көрсетеді: Керамика инертті материалдар болып табылады, олар көптеген химиялық заттармен әрекеттеспейді, бұл оларды коррозиялық ортада қолдануға өте ыңғайлы етеді. Бұл қасиет әсіресе химиялық өңдеу сияқты салаларда өте маңызды, мұнда материалдар қатты химиялық заттардың әсеріне төтеп беруі керек.

• Олардың төмен жылу өткізгіштігі: бұл керамика тамаша оқшаулағыштар екенін білдіреді, бұл оларды жылу беруді барынша азайту қажет қолданбаларда пайдалану үшін өте қолайлы етеді. Бұл қасиет керамиканы да жасайды жоғары температуралы ортада қолдануға жарамды, өйткені олар қатты ыстыққа төтеп бере алады деформация немесе сыну.

• Керамика сонымен қатар тамаша электрлік қасиеттерге ие: Керамика тамаша оқшаулағыштар болып табылады, бұл оларды тамаша етеді оқшаулаудың жоғары деңгейі

кажет болатын электрлік және электронды қосымшаларда қолдану үшін. Бұл меншік сонымен қатар керамиканы жоғары вольтты қолданбаларда қолдануға жарамды етеді, өйткені олар жоғары кернеуге төтеп бере алады бұзылмай электр кернеуінің деңгейлері.

- Керамиканың термиялық кеңею коэффициенті төмен: Яғни олар кеңеймейді немесе жиырылмайды температураның өзгеруімен айтарлықтай. Бұл қасиет керамиканы қолданбаларда қолдануға өте ыңғайлы етеді өлшемдік тұрақтылық өте маңызды жерде, мысалы, дәлме-дәл аспаптарда және электронды компоненттерде.

- Олардың сынғыштығы: Керамика стресс жағдайында сынуға және сынуға бейім, бұл олардың қолданылуын шектеуі мүмкін соққыға төзімділік маңызды қолданбаларда.

- Керамиканы пішіндеу және өңдеу олардың қаттылығына байланысты қиын болуы мүмкін, бұл ұлғаюы мүмкін өндіріс шығындары.

Тұтастай алғанда, керамиканың бірегей қасиеттері оларды инженерлік қолданбалардың кең ауқымында пайдалану үшін өте қолайлы етеді.

Олардың жоғары беріктігі, қаттылығы, төмен жылу өткізгіштігі, коррозияға төзімділігі және тамаша электрлік қасиеттері керамиканы берік және берік материал іздейтін инженерлер үшін жан-жақты және сенімді таңдау жасайды. Дегенмен, олардың сынғыштығы мен өңдеудегі қиындығы маңызды ойлар болып табылады, олар белгілі бір қолдану үшін керамиканы таңдағанда ескерілуі керек. Әр түрлі сипаттамаларды түсіну арқылы керамикадан инженерлер мен дизайнерлер өздерінің нақты қажеттіліктері үшін пайдалану үшін ең жақсы материалдар туралы негізделген шешімдер қабылдай алады.

Керамика ғасырлар бойы бірегей қасиеттері мен артықшылықтарына байланысты әртүрлі қолданбаларда қолданылған. Керамиканың негізгі артықшылықтары төменде келтірілген:

- Жоғары беріктік пен қаттылық: Керамика жоғары температура мен қатал ортаға төтеп беру қабілетімен танымал, бұл оларды басқа материалдар істен шығатын қолданбалар үшін өте қолайлы етеді. Бұл беріктік пен беріктік керамиканы аэроғарыш, автомобиль және электроника сияқты салаларда танымал таңдау жасайды.

- Коррозияға және химиялық шабуылға төзімділік: металдардан Айырмашылығы, керамика ылғалға немесе химиялық заттарға ұшыраған кезде тот баспайды немесе тот баспайды, бұл оларды коррозияға төзімділігі өте маңызды қолданбалар үшін сенімді таңдау жасайды. Бұл қасиет сонымен қатар керамиканы химиялық өңдеу зауыттарында және басқа коррозиялық орталарда пайдалану үшін тамаша таңдау жасайды.

- Тамаша жылу оқшаулау қасиеттері: бұл керамиканы жоғары температурада қолдануға өте ыңғайлы етеді. Керамика деформациясыз немесе қасиеттерін жоғалтпай экстремалды температураға төтеп бере алады, бұл оларды пештерде, пештерде және басқа да жоғары температуралы орталарда пайдалану үшін танымал таңдау жасайды.

- Керамика улы емес: Керамика улы емес және ыстыққа немесе қоршаған ортаның басқа факторларына ұшыраған кезде зиянды химиялық заттар мен газдарды шығармайды. Бұл керамиканы әртүрлі қолданбаларда пайдалану үшін тұрақты таңдау жасайды, өйткені олар ластануға немесе қоршаған ортаға зиян келтіруге ықпал етпейді.

Тұтастай алғанда, керамиканың артықшылықтары оларды көптеген салаларда жоғары материал таңдауына айналдырады. Керамика жоғары беріктігі мен беріктігінен коррозияға және жылу оқшаулау қасиеттеріне төзімділігіне дейін көптеген артықшылықтарды ұсынады, бұл оларды әртүрлі қолданбалар үшін тамаша таңдау

жасайды. Технология дамып келе жатқандықтан, керамиканы пайдалану көбейіп, олардың қазіргі әлемдегі құнды материал ретіндегі орнын одан әрі нығайта түсуі мүмкін.

Керамика ғасырлар бойы жоғары беріктігі, қаттылығы, ыстыққа және коррозияға төзімділігі сияқты бірегей қасиеттеріне байланысты әртүрлі қолданбаларда қолданылған. Дегенмен, олардың көптеген артықшылықтарына қарамастан, керамиканың белгілі бір қолданбаларда қолданылуын шектейтін бірнеше кемшіліктері де бар. Керамиканың негізгі кемшіліктері келесідей:

- **Сынғыштық:** сынғанға дейін пластикалық деформациялануы мүмкін металдардан Айырмашылығы, керамика кернеуге ұшыраған кезде апатты түрде істен шығады, бұл оларды соққы немесе соққы жүктемесі жиі кездесетін қолданбалар үшін жарамсыз етеді. Бұл сынғыштық сонымен қатар керамиканы өңдеуді және пішіндеуді қиындатады, өйткені олар өңдеу кезінде жарылып, сынуға бейім.

- **Термиялық соққыға Төзімділігі Нашар:** Керамиканың жылу өткізгіштігі төмен, яғни олар жылуды таратуда нашар. Бұл керамика температураның тез өзгеруіне ұшыраған кезде, мысалы, қыздыру немесе салқындату циклдары кезінде термиялық кернеуге және крекингке әкелуі мүмкін. Бұл термиялық велосипедпен жүру жиі кездесетін жоғары температуралық қолданбаларда керамиканы пайдалануды шектейді.

- **Керамиканы өндіру әдетте металдарға немесе полимерлерге қарағанда қымбатырақ:** керамиканы өндіру процесі күрделі және энергияны көп қажет етеді, жоғары температура мен арнайы жабдықты қамтиды. Бұл өндіріс шығындарының жоғарылауына әкеледі, бұл керамиканы басқа материалдармен салыстырғанда үнемді етпеуі мүмкін.

- **Керамика сонымен қатар белгілі бір ортада химиялық шабуылға және деградацияға бейім:** керамика әдетте коррозияға төзімді болғанымен, қышқылдардың, сілтілердің және басқа химиялық заттардың шабуылына сезімтал болуы мүмкін. Бұл керамиканы қатал химиялық ортаға ұшырауы мүмкін қолданбаларда пайдалануды шектейді.

Керамика механикалық және термиялық қасиеттері бойынша көптеген артықшылықтарға ие болғанымен, олардың белгілі бір қолданбаларда қолданылуын шектейтін бірнеше кемшіліктері де бар. Сынғыштық, термиялық соққыға төзімділіктің төмендігі, жоғары өндірістік шығындар және химиялық шабуылға бейімділік керамиканы белгілі бір қолдану үшін материал ретінде таңдағанда ескерілуі керек факторлар болып табылады. Осы кемшіліктерге қарамастан, керамика саласындағы жүргізіліп жатқан зерттеулер мен әзірлемелер олардың қасиеттерін жақсартуға және болашақта олардың әлеуетті қолданылуын кеңейтуге әкелуі мүмкін.

Қорытынды. Осы керамика зерттеуінің нәтижелері осы әмбебап материалдың қасиеттері мен қолданылуы туралы құнды түсінік берді. Зерттеу барысында керамиканың жоғары беріктігі, беріктігі, жылу мен коррозияға төзімділігі сияқты ерекше сипаттамалары анықталды. Бұл қасиеттер керамиканы аэроғарыштық компоненттерден биомедициналық импланттарға дейінгі өнеркәсіптік және технологиялық қолданбалардың кең ауқымы үшін тамаша таңдау жасайды. Сонымен қатар, бұл зерттеу керамиканың өнімділігіне әсер ететін әртүрлі факторларға, мысалы, композицияға, микроқұрылымға және өңдеу әдістеріне жарық түсірді. Осы факторларды түсіну арқылы инженерлер мен дизайнерлер керамиканың қасиеттерін нақты талаптарды қанағаттандыру және қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін оңтайландыра алады. Керамика саласындағы жетістіктерге қарамастан, әлі де шешуді қажет ететін мәселелер

мен шектеулер бар. Мысалы, керамиканың сынғыштығы олардың қаттылығы мен сенімділігін арттыру үшін инновациялық шешімдерді қажет ететін белгілі бір қолданбаларда кемшілік болуы мүмкін. Сонымен қатар, керамика өндірісінің жоғары құны мен күрделілігі оларды кеңінен қолдануға кедергі келтіруі мүмкін. Қорытындылай келе, бұл зерттеу осы саладағы үздіксіз зерттеулер мен әзірлемелердің маңыздылығын көрсетеді. Керамиканың қасиеттері мен әлеуетті қолданылуын одан әрі зерттей отырып, біз әртүрлі салаларда инновациялар мен ілгерілеудің жаңа мүмкіндіктерін аша аламыз. Зерттеушілердің, инженерлердің және саясаткерлердің керамикаға қатысты қиындықтарды жену және олардың әлеуетін қоғамның игілігі үшін толық пайдалану үшін бірлесіп жұмыс істеуі өте маңызды. Осы керамика зерттеуінің нәтижелеріне сүйене отырып, осы әмбебап материалды түсіну мен қолдануды одан әрі жақсарту үшін келесі ұсыныстар ұсынылады. i. зерттеушілерге керамиканың әртүрлі қасиеттері мен сипаттамаларын эксперименттік зерттеулер арқылы зерттеуді жалғастыру ұсынылады. Бақыланатын эксперименттер жүргізу және нәтижелерді талдау арқылы керамиканың мінез-құлқын тереңірек түсінуге болады. Бұл керамика бойынша бар білімге үлес қосып қана қоймайды, сонымен қатар осы саладағы жаңа қолданбалар мен инновацияларға жол ашады. ii. зерттеушілер үшін теориялық білім мен практикалық қолдану арасындағы алшақтықты жою үшін сала мамандарымен бірлесіп жұмыс істеу маңызды. Өндірушілермен және инженерлермен тығыз жұмыс жасай отырып, зерттеушілер керамиканы әртүрлі салаларда қолданудың нақты мәселелері мен талаптары туралы құнды түсінік ала алады. Бұл ынтымақтастық белгілі бір қолданбаларға бейімделген жаңа керамикалық материалдардың дамуына, сондай-ақ қолданыстағы өндірістік процестерді оңтайландыруға әкелуі мүмкін. iii. зерттеушілерге керамика өндірісіне қоспалар өндірісі және нанотехнологиялар сияқты жаңа технологияларды енгізу әлеуетін зерттеу ұсынылады. Бұл технологиялар керамиканың жасалу жолында төңкеріс жасау мүмкіндігіне ие, бұл дәлдікті, теңшеуді және тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Осы технологияларды пайдалана отырып, зерттеушілер керамика арқылы мүмкін болатын нәрселердің шекарасын ілгерілеті алады және оларды әртүрлі салаларда пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін аша алады. Керамика бойынша дәстүрлі зерттеулердің нәтижелері осы саладағы одан әрі зерттеулер мен әзірлемелер үшін берік негіз болып табылады. Жоғарыда келтірілген нұсқауларды орындай отырып, зерттеушілер керамика туралы түсінігімізді кеңейтуді жалғастыра алады және әртүрлі қолданбаларда олардың толық әлеуетін аша алады. Зерттеушілердің, сала мамандарының және саясаткерлердің керамика саласындағы зерттеулерді қолдау және ілгерілету үшін бірлесіп жұмыс істеуі өте маңызды, өйткені бұл материалтану мен инженерияның болашағы үшін үлкен уәде береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. В. С. Wyatt, S. K. Nemani, G. E. Hilmas, E. J. Opila, B. Anasori, Ультра жоғары температуралы керамика экстремалды орта [Текст],/ Нат. Аян Мат. 1-17 (2023).
2. С. Чжу, Г. Чжан, Ю. Бао, Д. Сун, К. Чжан, Х. Мэн, Л. Ян, Дайындық және абляциядағы Прогресс [Текст]
3. Ультра жоғары температуралы керамика модификацияланған С/С композиттерінің экстремалды ортаға төзімділігі. [Текст] / Rev. On Адвокат Мат. Ск. 62(1), 20220276 (2023). 76

4. В.Г. Фаренхольц, Г. Е. Хилмас, Ультра жоғары температуралы керамика: экстремалды ортаға арналған материалдар. [Текст] / Сценарий материалдары, 129, 94-99 (2017).
5. А.Наг, Р. Р. Рао, П. К. Панда, Жоғары температуралы керамикалық радомдар (НТС)—шолу[Текст] / *Ceramics Int.* 47(15), 20793-20806 (2021).
6. А. Валенсуэла-Гутиеррес, Дж. Лопес-Кувас, А. Гонсалес-Анджелес, Н. Пилалуа-Диас, Керамика Қоспасы алюминий тотығының отқа төзімділігінің коррозияға төзімділігін жақсартуға арналға материалдар. [Текст] / *SN App. Ск. 1*, 1-7 (2019).
7. Z. Yang, H. Du, L. Jin, D. Roelman, Электр энергиясын сақтауға арналған жоғары өнімді қорғасынсыз сусымалы керамика қолданылуы: дизайн стратегиялары мен қиындықтары. [Текст] / *Дж. Мат. Химия.* 9(34), 18026-18085 (2021).
8. К. Такенака, Теріс термиялық кеңею материалдары: термиялық кеңеюді басқарудың технологиялық кілті. [Текст] / *Ск. Және Технология. Адвокат Маттан.* 13(1), 013001 (2012).
9. Р. О. Ричи, Қатайтатын материалдар: сынуға төзімділікті арттыру. [Текст] / философиялық Транзакциялар Корольдік Қоғам А, 379(2203), 20200437 (2021).
10. Б. Су, С. Дхара, Л. Ванг, Жасыл керамикалық өңдеу: жылдам өндіруге арналған жоғарыдан төмен тәсіл күрделі пішінді керамика. [Текст] / *Дж.Еуро. Керамикалық Қоғам* 28(11), 2109-2115 (2008).
11. А.Шарма, А. Баббар, Ю. Тянь, Б. П. Патри, М. Гупта, Р. Сингх, Керамикалық материалдарды Өңдеу: заманауи шолу. [Текст] / *Int. Джей "Интерде". Де. Және Адам. (Иджидем)* 17(6), 2891-2911 (2023).
12. Х.В. Хенник, Балта Гессен, Жетілдірілген керамикалық материалдардың қысқаша энциклопедиясы, 1-ші басылым. [Текст] / (, Эльзевье, 1991).
13. Дж. Е. Контрерас, Э. А. Родригес, Нанокұрылымды оқшаулағыштар - нанотехнология тұжырымдамаларына шолу сыртқы керамикалық оқшаулағыштар. [Текст] / *Керамика Int.* 43(12), 8545-8550 (2017).
14. М. Белтраме, Ф. Ситзия, М. Либерато, Х. Сантос, Орта ғасырлар арасындағы қыш ыдыстардың Салыстырмалы технологиясы және қазіргі заман [Текст] / (Сантарем, Португалия), *Археологиялық және Антропологиялық Ск.* 12(7), 130 (2020).
15. Л.К. Де Йонге, М. Н. Рахаман, 4.1 Керамиканы агломерациялау. [Текст] / Жетілдірілген керамика анықтамалығы: материалдар, қолданылуы, өңделуі және қасиеттері, 2, 187. (2003).
16. M. Bustillo Revuelta, M. Bustillo Revuelta, Керамикалық Бұйымдар. Құрылыс Материалдары: Геология, Өнім. және Қосымша. [Текст] / 339-374 (2021).
17. Л.Тейлор, Керамика Библиясының Қайта қаралған Басылымы: Материалдар мен Техникаларға Арналған Толық Нұсқаулық.Шежірелік Кітаптар. [Текст] / (Шежірелік Кітаптар, 2022)

REFERENCES

1. B. C. Wyatt, S. K. Nemani, G. E. Hilmas, E. J. Opila, B. Anasori, Ul'tra zhogary temperaturaly keramika ekstremaldy orta [Ultra-high temperature ceramics extreme environment],/ *Nat. Ayan Mat.* 1-17 (2023). – (In Kaz)
2. S. Chzhu, G. Chzhan, Yu. Bao, D. Sun, K. Chzhan, H. Men, L. Yan, Dajyndyk zhane ablyaciyaдaгy progress [Preparation and progress in ablation] – (In Kaz)
3. Ul'tra zhogary temperaturaly keramika modifikaciyalangan C/C kompozitterinin ekstremaldy ortaға tozimdiligi. [ultra-high temperature ceramics resistance of modified C/C composites to extreme environments.] / *Rev. On Advokat Mat. Sk.* 62(1), 20220276 (2023). 76 – (In Kaz)

4. V.G. Farenholc, G. E. Hilmas, Ul'tra zhogary temperaturaly keramika: ekstremaldy ortaga arналган materialdar. [Ultra - high temperature ceramics: materials for extreme environments.] / Scenarij materialdary, 129, 94-99 (2017). – (In Kaz)
5. A.Nag, R. R. Rao, P. K. Panda, Zhogary temperaturaly keramikalyk radomdar (HTC)–sholu [High temperature ceramic radomes (HTC– - review] / Ceramics Int. 47(15), 20793-20806 (2021). – (In Kaz)
6. A. Valensuela-Gutierrez, Dzh. Lopes-Kuevas, A. Gonsales-Andzheles, N. Pilalua-Dias, Keramika kospasy alyuminiy totygynyn otka tozimdiliginin korroziyaga tozimdiligini zhaksartuga arналга materialdar. [Ceramic mixture is designed to improve the corrosion resistance of alumina refractory materials.] / SN App. Sk. 1, 1-7 (2019). – (In Kaz)
7. Z. Yang, H. Du, L. Jin, D. Poelman, Elektr energiyasyn saktauga arналган zhogary onimdi qorgasynsyz susymaly keramika qoldanylyu: dizajn strategiyalary men qyandyktary. [Applications of high-performance lead-free bulk ceramics for electricity storage: design strategies and challenges.] / Dzh. Mat. Himiya. 9(34), 18026-18085 (2021). – (In Kaz)
8. K. Takenaka, Teris termiyalyq keneyu materialdary: termiyalyq keneyudi basqarudyn tekhnologiyalyq kilti. [Negative thermal expansion materials: the technological key to controlling thermal expansion.] / Sk. zhane Tekhnologiya. Advokat Mattan. 13(1), 013001 (2012). – (In Kaz)
9. R. O. Richi, Qataitatyn materialdar: synuga tozimdilikti arttyru. [Hardening materials: increase fracture resistance.] / filosofiyalyq Tranzakciyalar Korol'dik Qogam A, 379(2203), 20200437 (2021). – (In Kaz)
10. B. Su, S. Dhara, L. Vang, Zhasyl keramikalyq ondeu: zhyldam ondiruge arналган zhogarydan tomen tasil kyrdeli pishindi keramika. [Green ceramic processing: a top-down approach for the rapid production of complex shaped ceramics.] / Dzh.Euro. Keramikalyq Qogam 28(11), 2109-2115 (2008). – (In Kaz)
11. A.Sharma, A. Babbar, Yu. Tyan', B. P. Patri, M. Gupta, R. Singh, Keramikalyk materialdardy Ondeu: zamanau sholu. [Processing of ceramic materials: a Modern Review.] / Int. Dzhej "Interde". De. zhane Adam. (Idzhidem) 17(6), 2891-2911 (2023). – (In Kaz)
12. H.V. Hennik, Balta Gessen, Zhetildirilgen keramikalyq materialdardyn qysqasha enciklopediyasy, 1-shi basylym. [Brief Encyclopedia of advanced ceramic materials, 1st edition.] / (, El'zev'e, 1991). – (In Kaz)
13. Dzh. E. Kontreras, E. A. Rodrigues, Nanoqyrylymdy oqshaulagyshtar - nanotekhnologiya tyzhyrymdamalaryna sholu syrtqy keramikalyq oqshaulagyshtar. [Nanostructured insulators-an overview of nanotechnology concepts external ceramic insulators.] /Keramika Int. 43(12), 8545-8550 (2017). – (In Kaz)
14. M. Beltrame, F. Sitziya, M. Liberato, H. Santos, orta gasyrlar arasyndagy qysh ydstardyn Salystyrmaly tekhnologiyasy zhane qazirgi zaman [Comparative technology of pottery between the Middle Ages and modernity] / (Santarem, Portugaliya), Arheologiyalyq zhane Antropologiyalyq Sk. 12(7), 130 (2020). – (In Kaz)
15. L.K. De Jonge, M. N. Rahaman, 4.1 Keramikany aglomeraciyalau. [Sintering of ceramics.] / Zhetildirilgen keramika anyqtamalygy: materialdar, qoldanylyu, ondelui zhane qasietteri, 2, 187. (2003). – (In Kaz)
16. M. Bustillo Revuelta, M. Bustillo Revuelta, Keramikalyq byymdar. Qyrylys Materialdary: Geologiya, Onim. zhane Qosymsha. [Ceramic Products. Building Materials: Geology, Products. and additional.] / 339-374 (2021). – (In Kaz)

17. L.Tejlor, Keramika Bibliyasynyn Qaita qaralghan Basylymy: Materialdar men Tekhnikalarga Arnalghan Tolyq Nysqaulыq.Shezhirelik Kitaptar. [Revised edition of the ceramics Bible: A Complete Guide to materials and techniques.Chronicle Books.] / (Shezhirelik Kitaptar, 2022) – (In Kaz)